

Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

10–11 классы, 2016 год

Билет 3 (Барнаул)

Каждое из четырёх заданий содержит вопрос (5 баллов) и задачу (20 баллов). Для получения диплома нужно было набрать от 77 баллов.

Задание 1

ВОПРОС. В некоторый момент времени величины скоростей двух концов недеформируемого стержня, совершающего движение в плоскости, оказались равны. Как в этот момент времени может двигаться центр этого стержня? Опишите все возможные варианты.

ЗАДАЧА. Равносторонний треугольник ABC , вырезанный из плоского однородного листа жести, скользит по гладкой горизонтальной поверхности. В некоторый момент времени величины скоростей двух его вершин (A и B) оказались равны друг другу, а величина скорости третьей вершины (C) — в $\sqrt{7}$ раз меньше их скоростей. Найти расстояние, на которое сместится центр треугольника за время одного полного оборота треугольника вокруг вертикальной оси. Длина стороны треугольника равна a .

$$\frac{\xi \wedge}{v \underline{x}} = s$$

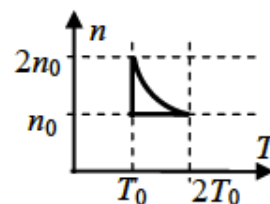
Задание 2

ВОПРОС. У какого процесса с идеальным газом диаграмма процесса в координатах «полученное газом количество теплоты — совершенная им работа» описывается соотношением

$$Q = Q_0 + A - A_0$$

(Q_0, A_0 — начальные значения для данного процесса)? Как в таком процессе вычислить работу газа через параметры начального и конечного состояния?

ЗАДАЧА. Постоянное количество гелия является рабочим телом тепловой машины, цикл которой в координатах «концентрация молекул — температура» показан на рисунке. Найти максимальный КПД этой тепловой машины (т. е. в пренебрежении всеми потерями, кроме передачи тепла холодильнику). Криволинейный участок диаграммы — гипербола $nT = \text{const}$.

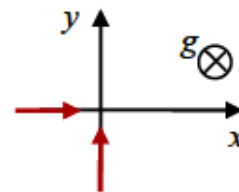


$$\varepsilon_{\text{т}} \approx (\varepsilon_{\text{ч}} - 1) \frac{\varepsilon}{\varepsilon} = \eta$$

Задание 3

ВОПРОС. Определите условия, при выполнении которых заряженная частица в однородном магнитном поле при наличии ещё и постоянной силы другой природы может двигаться равномерно и прямолинейно (такое движение называют «дрейфовым»).

ЗАДАЧА. Электростатическая пушка «выстреливает» наночастицы с удельным зарядом $\beta = +5 \cdot 10^{-5}$ Кл/кг со скоростью $v = 3500$ м/с. Выстрелы производились горизонтально в вакуумированном пространстве, в котором было создано магнитное поле, линии индукции которого также горизонтальны. Оказалось, что существуют два взаимно перпендикулярных направления, в которых наночастицы двигаются после выстрела прямолинейно. Связав с этими направлениями систему координат, найдите направление и величину индукции магнитного поля. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

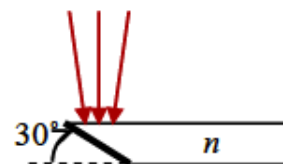


$$B \approx \frac{ag}{\beta v} = 8,8 \text{ Тл}$$

Задание 4

ВОПРОС. Сформулируйте закон преломления света. При каких условиях он применим?

ЗАДАЧА. Плоскопараллельная пластина, изготовленная из прозрачного материала с показателем преломления $n = \sqrt{2} \approx 1,41$, срезана с одной стороны под углом 30° , и срез покрыт хорошо отражающим слоем. Узкие пучки параллельных световых лучей, излучаемые лазером, направляются на пластину в плоскости, перпендикулярной ребру среза, таким образом, что они отражаются от среза. При каких углах падения эти пучки попадут на край пластины, противоположный срезу, с интенсивностью, близкой к исходной? Размеры пластины очень значительно превышают её толщину.



$$\theta > \arcsin \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 45^\circ$$